

Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandara Internasional Minangkabau

Muhammad Rezky Ridwan dan Ervina Ahyudanari

Departemen Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

E-mail: ervina@ce.its.ac.id

Abstrak— *Bandar Udara Internasional Minangkabau memiliki ukuran runway 2.750 x 45 m. Bandar Udara ini direncanakan pemerintah sebagai bandara embarkasi haji di wilayah Provinsi Sumatera barat, Provinsi Bengkulu dan sebagian Provinsi Jambi meliputi: Kab. Merangin, Kab. Kerinci, Kab. Sorolangun, Kab. Bungo, dan Kab. Tebo. Oleh karena itu, Bandar Udara Internasional Minangkabau perlu melakukan pengembangan khususnya disisi udara sehingga dapat melayani pesawat rute luar negeri seperti Boeing 777-300ER.*

Dalam perencanaan ini, penelitian dilakukan menggunakan data sekunder dengan data ramalan selama 10 tahun kedepan dan menggunakan metode runtun waktu dengan model dekomposisi aditif sehingga didapatkan jumlah pergerakan pesawat 10 tahun mendatang sebesar 57.451. Selanjutnya studi ini meninjau kesesuaian antara PCN Bandara Internasional Minangkabau dengan ACN pesawat Boeing 777-300ER. Dari analisa kesesuaian ACN-PCN didapatkan bahwa pesawat Boeing 777-300ER dapat beroperasi pada Bandara Internasional Minangkabau dengan syarat jumlah keberangkatan pertahun tidak melebihi 5% dari jumlah keberangkatan tahunan.

Lalu dilakukan perencanaan ukuran runway, taxiway, dan apron dengan menggunakan hasil ramalan yang ada dan data pesawat rencana yaitu Boeing 777-300ER yang perencanaanya mengacu pada standar ICAO dan FAA. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan kebutuhan panjang runway sebesar 3550m x 45m. Untuk taxiway didapatkan lebar sebesar 25m dengan lebar bahu taxiway sebesar 10m pada setiap sisinya. Letak exit taxiway berada pada 2 titik seperti keadaan eksisting serta sudut untuk exit taxiway sebesar 90°. Luas apron dibutuhkan sebesar 92040,43m². Dari analisa lokasi berdasarkan KKOP didapatkan adanya ketinggian daratan yang melebihi standar pada jarak 8km dan berada pada kawasan dibawah permukaan horizontal luar sehingga perlu diberikan tanda. Pada perencanaan ini perhitungan tebal perkerasan menggunakan bantuan aplikasi FAARFIELD. Didapatkan bahwa tebal total untuk perkerasan lentur sebesar 67,31cm-97,33cm dan untuk total perkerasan kaku sebesar 70,71cm-74,48cm.

Kata Kunci—*Bandar Udara, Sisi Udara, Peramalan, FAA, Perkerasan, FAARFIELD*

I. PENDAHULUAN

PROVINSI Sumatera Barat adalah salah satu tujuan wisata favorit baik bagi wisatawan domestik maupun wisatawan mancanegara. Wilayah provinsi ini terletak di sepanjang pesisir barat sumatera bagian tengah, dataran tinggi bukit barisan di sebelah timur, dan sejumlah pulau lepas pantai seperti kepulauan Mentawai, dengan luas total 42.297,3 km²

dan jumlah penduduk mencapai 5.382.077 jiwa [1]. Data statistik mengatakan bahwa pada tahun 2017 terdapat 56.313 wisatawan mancanegara, jumlah ini meningkat sebesar 13.34% dari tahun 2016 yang terdapat 49.686 [2] Adapun wisatawan domestik pada tahun 2017 diperkirakan mencapai 7.8juta orang, meningkat sebesar 7% dari tahun 2016 yang mencapai 7.3 juta orang[3].

Saat ini Sumatera Barat hanya mempunyai satu Bandar Udara yaitu Bandar Udara Internasional Minangkabau. Bandar Udara Internasional Minangkabau dibangun pada tahun 2001 dan di operasikan penuh pada 22 juli 2005 menggantikan Bandar Udara Tabing. Dengan luas terminal 20.580m² bandara ini dapat menampung sebanyak 2.5 juta penumpang setiap tahunnya[4] Sedangkan untuk fasilitas sisi udara Bandara Internasional memiliki ukuran runway 2750x45m, taxiway terdiri dari 3 Jalur dan apron seluas 37.800m²[5]. Bandara ini termasuk dalam kategori kelas 4D yang berarti dimaksudkan untuk menampung pesawat dengan Aeroplane Reference Field Length (ARFL) kurang dari 1800m.

Setiap tahunnya Bandara Internasional Minangkabau mengalami peningkatan jumlah penumpang dan pergerakan pesawat. Pada tahun 2017 tercatat terdapat 1.666.623 penumpang sedangkan pada tahun 2016 tercatat hanya mencapai 1.551.138 penumpang. Jika kita melihat dari segi pergerakan pesawat, Bandara Internasional Minangkabau juga mengalami peningkatan setiap tahunnya yakni sebanyak 10.014 pergerakan pesawat pada tahun 2015, 10.757 pergerakan pesawat pada tahun 2016 dan 11.555 pergerakan pesawat pada tahun 2017[6]

Dengan adanya peningkatan jumlah penumpang dan pergerakan pesawat maka mendorong pihak maskapai untuk menggunakan pesawat dengan ukuran yang lebih besar. Sebagai contoh Bandara Internasional Minangkabau menggunakan pesawat Boeing 747 dan Airbus 330 untuk pengangkutan jemaah haji, namun untuk musim haji tahun 2017 yang mengalami peningkatan kuota sebesar 31% membuat pihak maskapai Garuda Indonesia mengganti jenis pesawat menjadi tipe Boeing 777[7]

Penggunaan pesawat Boeing 777 yang memiliki ukuran yang lebih besar menimbulkan beberapa permasalahan. Berdasarkan data dari perusahaan Boeing panjang runway minimal untuk Boeing 777 dengan Take-off Weight 100% membutuhkan ±3100m[8]. Dengan panjang runway yang dimiliki Bandara Internasional Minangkabau sekarang, tidak memungkinkan untuk menampung Boeing 777 dengan beban

maksimum yang bisa diangkut pesawat. Selain permasalahan *runway*, terdapat juga permasalahan *turning* pesawat pada Bandara Internasional Minangkabau. Kemenhub berkoordinasi dengan PT. Garuda Indonesia melaksanakan *proofing flight* untuk memastikan *turning area* pada Bandara Internasional Minangkabau bisa digunakan atau tidak. Dari hasil *proofing flight* dinyatakan bahwa ujung *runway* memang tidak bisa digunakan untuk tipe pesawat Boeing 777.

Oleh karena itu dengan adanya peningkatan jumlah penumpang, pergerakan pesawat serta penggunaan pesawat dengan ukuran yang lebih besar maka perlu dilakukan pengembangan pada Bandar Udara Internasional Minangkabau. Pengembangan ini sangat diperlukan khususnya pada bagian sisi udara Bandara Internasional Minangkabau agar dapat menampung peningkatan jumlah penumpang dan rute penerbangan setiap tahunnya serta dapat mengakomodasi penggunaan pesawat dengan ukuran besar.

II. METODOLOGI

A. Tahap Pengumpulan Data

Tahap awal dalam identifikasi ini adalah dengan mengumpulkan data sekunder. Data sekunder berupa layout bandara eksisting, data historis penerbangan dan nilai CBR tanah bandara.

B. Studi Literatur

Mempelajari dasar teori dan rumus yang akan dipakai dalam pengerjaan perencanaan pengembangan apron.

C. Tahap Analisis Data

Pada tahap ini penulis mengolah data dari pengumpulan data yang sudah didapatkan guna melakukan pendekatan kuantitatif menggunakan rumus/persamaan dari standar yang dipakai. Analisis data menghasilkan kebutuhan pengembangan sisi udara Bandara Internasional Minangkabau.

D. Perhitungan Peramalan Jumlah Pergerakan Pesawat pada 10 Tahun Mendatang dan Peak Hour

Perhitungan untuk mengetahui prakiraan jumlah pergerakan pesawat 10 tahun mendatang. Metode yang dipakai adalah metode dekomposisi aditif dengan bantuan program bantu minitab.

Beberapa tahapan untuk mendapatkan volume jam puncak adalah sebagai berikut:

1) Peak Month Movement

$Peak\ month\ Movement = peak\ month\ ratio \times Annual\ passenger$

2) Peak day Movement

$Average\ day = peak\ day\ ratio \times peak\ month\ movement$

3) Peak Hour Movement

$Peak\ Hour\ Movement = peak\ hour\ ratio \times Peak\ Day\ Movement$

E. Perhitungan Kesesuaian PCN dengan ACN Boeing 777-300ER

Tabel 1

ICAO Aerodome Reference Code

Code Number	Reference Field Length, m	Code Letter	Wingspan, m	Distance between Outside Edges of Main Gear, m
1	<800	A	<15	<4.5
2	800 - <1200	B	15 - <24	4.5 - <6
3	1200 - <1800	C	24 - <36	6 - <9
4	>=1800	D	36 - <52	9 - <14
		E	52 - <65	9 - <14
		F	65 - <80	14 - 16

Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan ACN yang dimiliki pesawat Boeing 777-300ER dengan PCN Bandara Internasional Minangkabau. Nilai PCN yang dimiliki oleh suatu bandara tidak boleh kurang dari nilai ACN yang dimiliki oleh pesawat.

F. Perhitungan Perencanaan Runway

Dalam perencanaan suatu bandara dapat digolongkan menjadi beberapa golongan bergantung pada panjang *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL). ARFL adalah *runway* minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada *maximum take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standar atmosfer, keadaan tanpa angin bertiup, *runway* tanpa kemiringan. Berikut klasifikasi bandara menurut ICAO dapat dilihat pada tabel 1 [9].

Selanjutnya akan dibahas mengenai hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan *runway* suatu bandara.

1) Panjang Runway

Adapun beberapa hal yang mempengaruhi panjang runway seperti temperatur, elevasi dan kemiringan runway. Perhitungan panjang runway dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Panjang Runway} = \text{ARFL} \times \text{Ft} \times \text{Fe} \times \text{Fs} \quad (1)$$

2) Lebar Runway

Persyaratan mengenai lebar *runway* rencana minimum diatur lebih detail menurut badan penerbangan ICAO.

3) Kemiringan Memanjang Runway

Kemiringan memanjang *runway* (*longitudinal slope*) merupakan kemiringan yang ditentukan dengan pembagian antara elevasi maksimum dan minimum sepanjang garis tengah *runway*.

4) Kemiringan Melintang Runway

Kemiringan melintang landas pacu ini diperlukan untuk mengalirkan air yang berada di permukaan landas pacu agar tidak terjadi genangan air.

5) Runway Shoulder

Bahu landasan harus dibuat secara simetris pada masing-masing sisi dari *runway* dan kemiringan melintang maksimum sesuai dengan peraturan yang berlaku

6) Blast Pad

Merupakan area yang direncanakan untuk mencegah terjadinya erosi permukaan yang berbatasan dengan ujung landas pacu

Tabel 2
Prakiraan Pesawat Tahun 2029

Tahun 2029			
Januari	4704	Juli	5097
Februari	4478	Agustus	4997
Maret	4712	September	4853
April	4626	Oktober	4957
Mei	4607	November	4778
Juni	4611	Desember	5030
Total	57451		

7) Runway End Safety Area (RESA)

Area ini harus mampu menahan pesawat dalam kondisi darurat, seperti kebakaran, tumbukan dan mampu menahan pesawat yang keluar dari perkerasan struktural.

G. Perhitungan Perencanaan Taxiway dan Exit Taxiway

1) Dimensi Taxiway

Karena kecepatan pesawat pada *taxiway* lebih rendah daripada landasan pacu, kriteria yang mengatur lereng longitudinal, kurva vertikal, dan jarak penglihatan tidak ketat seperti untuk landasan pacu.

2) Taxiway Shoulder

Bagian yang lurus dari *taxiway* harus dilengkapi dengan bahu dengan luasan simetris pada setiap sisi dari *taxiway* jadi lebar dari keseluruhan *taxiway* dan bahu pada bagian lurus minimum.

3) Taxiway Longitudinal Slope

Kemiringan memanjang *taxiway* (longitudinal slope) merupakan kemiringan yang ditentukan dengan pembagian antara elevasi maksimum dan minimum sepanjang garis tengah *taxiway*.

4) Taxiway Transverse Slope

Kemiringan melintang *taxiway* harus cukup memadai untuk mencegah penambahan air.

5) Taxiway Minimum Separation Distance

Pemisahan jarak antara garis tengah dari *taxiway* dan garis tengah dari *runway*.

6) Fillet Taxiway

Fillet Taxiway merupakan bagian tambahan dari perkerasan yang disediakan pada persimpangan *taxiway*. Jari-jari fillet diatur dalam SKEP77-VI-2005 [10].

7) Lokasi Exit Taxiway

Lokasi *exit taxiway* tergantung pada campuran pesawat yang beroperasi, kecepatan *approach* dan *touchdown*, titik *touchdown*, kecepatan keluar, laju perlambatan, yang tergantung pada kondisi permukaan perkerasan, yaitu kering atau basah, dan jumlah keluarnya. Jarak *exit taxiway* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$D = D_{td} + D_e \quad (2)$$

Keterangan:

D = Jarak dari runway threshold ke exit

D_{td} = Jarak dari runway threshold ke titik dimana pesawat menyentuh landasan

D_e = Jarak dari titik *touchdown* ke exit *taxiway*

Untuk D_e dapat dihitung dengan persamaan:

$$D_e = \frac{V_{td}^2 - V_e^2}{2a} \quad (3)$$

Keterangan:

V_{td} = Kecepatan *touchdown* pesawat

V_e = Kecepatan *exit* pesawat

a = Percepatan pesawat pada *runway*

H. Perhitungan Jumlah Apron Gate

Dalam perencanaan jumlah *gate* ditentukan berdasarkan perkiraan arus kedatangan atau pun keberangkatan pesawat setiap jam dalam perencanaan awal. Hal ini berarti jumlah *gate* tergantung dari jumlah pesawat yang harus dilayani selama jam pelayanan tiap hari dan total waktu yang diperlukan tiap pesawat selama berada di *gate*. Jumlah *gate* position dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$G = \frac{V \times T}{U} \quad (4)$$

Keterangan :

G = Jumlah *gate*

V = Volume rencana untuk kedatangan atau keberangkatan (gerakan/jam)

T = Waktu pemakaian *gate*

U = Faktor Utilitas 0,5 -0,8

I. Perhitungan Dimensi Gate

Luas *apron* terdiri dari panjang dan lebar area yang bergantung pada volume pesawat, waktu pakai, dan faktor utilitas.

J. Perhitungan jarak pesawat di apron

Untuk jarak antar pesawat dapat dilihat dalam SKEP77-VI-2005 [10].

K. Marking Runway, Taxiway dan Apron

1) Marking Runway

Marking runway terdiri dari beberapa bagian seperti nomor landasan, marking sumbu landasan, marking threshold, marking jarak tetap, marking *touchdown* zone, marking tepi landasan dan runway end marking

2) Marking Taxiway

Marking taxiway terdiri dari beberapa bagian seperti marking sumbu taxiway, taxi-holding marking, taxiway edge marking, taxiway shoulder marking, exit guide line marking.

3) Marking Apron

Marking apron terdiri dari beberapa bagian seperti security line marking, apron edge line marking, dan parking stand center line marking

L. Evaluasi Lokasi Bandara Berdasarkan KKOP

Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan merupakan wilayah daratan dan/atau perairan dan ruang udara di sekitar bandar udara yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan. Kawasan ini berfungsi untuk menjaga keselamatan pesawat disekitar bandar udara

M. Perhitungan Kebutuhan Struktur Perkerasan

Tabel 3
Rekapitulasi Kesesuaian ACN-PCN

Jenis	PCN	ACN		Jumlah Pergerakan Tahunan	Keterangan
		Max	Min		
Apron	67 R/C/X/T	109	39	10	Diperbolehkan, frekuensi pergerakan pesawat tidak melebihi 5% dari total pergerakan pesawat tahunan
Taxiway	83 F/C/X/T	89	33	10	Diperbolehkan, nilai ACN pesawat tidak melebihi dari 10% nilai PCN
Runway	83 F/C/X/T	89	33	10	Diperbolehkan, nilai ACN pesawat tidak melebihi dari 10% nilai PCN

Perencanaan kebutuhan struktur perkerasan menggunakan program bantu yaitu FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) yang dikeluarkan oleh FAA. FAARFIELD merupakan suatu program komputer untuk mendesain tebal perkerasan lentur maupun kaku pada landasan pacu bandar udara. Prosedur perhitungan dan desain ketebalan dalam program ini berdasarkan metode FAA-AC No: 150/5320-6F

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

N. Prakiraan (Forecasting)

1) Prakiraan Pesawat ditahun 2029

Prakiraan pergerakan pesawat di Bandara Internasional Minangkabau diperhitungkan menggunakan data historis dari tahun 2015 hingga tahun 2018. Dari data historis diatas kemudian dilakukan peramalan dengan dekomposisi model aditif. Hasil Prakiraan jumlah pesawat pada tahun 2029 dapat dilihat pada tabel 2

Dari hasil prakiraan didapatkan jumlah pesawat tahun 2029. Hasil ini yang nantinya akan digunakan sebagai dasar pada perhitungan pengembangan sisi udara Bandara Internasional Minangkabau.

2) Peak Hour Rencana

a) Peak Month Movement

Untuk mendapatkan peak month ratio adalah mencari nilai perbandingan antara volume pergerakan bulanan dengan volume tahunan tahun yang ditinjau. Dari data historis pada tahun 2015-2018 didapatkan nilai peak moth ration sebesar 0,09778. Setelah didapatkan nilai peak moth ratio maka dikalikan dengan annual passenger tahun rencana.

$$\begin{aligned} \text{Peak month Movement} &= 0.09778 \times 57451 \\ &= 5617,7 \text{ pergerakan} \end{aligned}$$

b) Peak Day Movement

Seperti halnya perhitungan sebelumnya, perlu diketahui terlebih dahulu peak day ratio. Untuk mendapatkan peak day ratio adalah mencari nilai perbandingan antara volume pergerakan harian tersibuk (peak day) dengan volume bulan tersibuk (peak month) dari tahun 2015-2018

$$\begin{aligned} \text{Peak Day Movement} &= 0.029369 \times 5617,7 \\ &= 164,98 \text{ pergerakan} \end{aligned}$$

Tabel 4

Jarak Exit Taxiway dari Ujung Runway			
Kategori Pesawat	Dtd	De	Total
B	457.2	806.4582	1263.658
C	457.2	1237.112	1694.312

c) Peak Hour Movement

Untuk mendapatkan peak hour ratio adalah mencari nilai perbandingan antara volume pergerakan jam tersibuk dengan volume harian tersibuk.

$$\begin{aligned} \text{Peak Hour Movement} &= 0.1 \times 164,98 \\ &= 16,488 \text{ pergerakan} \\ &= 17 \text{ pergerakan} \end{aligned}$$

O. Perhitungan Kesesuaian PCN dengan ACN Boeing 777-300ER

Sesuai dengan FAA Advisory Circular AC 150/5335, nilai PCN runway/taxiway/apron memiliki format baku yang terdiri dari 6 (enam) karakter yang mana dua karakter pertama adalah nilai angka dan empat karakter sisanya adalah nilai huruf. Sebagai contoh Taxiway Bandara Internasional Minangkabau memiliki PCN 83 F/C/X/T maksud dari masing-masing karakter tersebut adalah

F = *Flexible*, perkerasan lentur

C = *Subgrade low*, nilai CBR tanah dasar 4%-8%

X = Tekanan roda medium (146-217 Psi)

T = *Technical evaluation*

Selanjutnya nilai angka di ACN kita bandingkan dengan nilai angka di PCN Apron tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil. Dari hasil analisa didapatkan ACN Boeing 777-300ER melebihi dari PCN runway, taxiway dan apron bandara, akan tetapi pesawat masih boleh beroperasi dikarenakan nilai ACN Boeing 777-300ER tidak melebihi dari 10% dari nilai PCN perkerasan lentur Bandara Internasional Minangkabau. Hal ini sesuai dengan batasan dari FAA Advisory Circular AC 150-5335-5C. Berikut hasil evaluasi kesesuaian ACN-PCN pada tabel 3

P. Perencanaan Runway

1) Panjang Runway

Berdasarkan kode pengklasifikasian panjang landasan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan oleh ICAO, pesawat Boeing 777-300ER teramsuk dalam kode 4E. Untuk menentukan panjang runway yang terkoreksi maka perlu dilakukan perhitungan koreksi ARFL pesawat terhadap elevasi, temperatur, dan kemiringan landasan. Data-data kondisi lapangan sebagai berikut elevasi diatas muka air laut 5,5 m, temperatur 26,8° C, dan kemiringan landasan 0,3%.

• Koreksi terhadap elevasi, Fe

Faktor koreksi elevasi (Fe), ARFL bertambah sebesar 7% untuk setiap kenaikan 300m dihitung dari ketinggian muka laut. Berikut perhitungan Fe:

$$\text{Fe} = 1 + 0,07 \text{ h}/300$$

$$\text{Fe} = 1 + 0,07 (5/300)$$

$$\text{Fe} = 1,00163$$

• Koreksi terhadap temperature, Ft

Faktor koresi *temperature* (F_t) untuk memperhitungkan panjang *runway* terhadap *temperature* sebesar 1% untuk setiap kenaikan 1°C. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1.000 m dari permukaan air laut rata-rata *temperature* berkurang sebesar 6,5°C. Berikut rumus F_t :

$$F_t = 1 + 0.01 (T - (15 - 0,0065 h))$$

$$F_t = 1 + 0,01 (26,8 - (15 - 0,0065 \times 5,5))$$

$$F_t = 1,1183575$$

- Koreksi terhadap kemiringan landasan, F_s

Faktor koreksi kemiringan landasan (f_s) untuk memperhitungkan panjang *runway* terhadap kemiringan landasan sebesar 10% setiap kenaikan 1% kemiringan. Berikut rumus F_s :

$$F_s = 1 + 0,1S$$

$$F_s = 1 + 0,1 \times 0,3$$

$$F_s = 1,03$$

Dari perhitungan koreksi diatas maka panjang landasan terkoreksi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Panjang Landasan} &= \text{ARFL} \times F_e \times F_t \times F_s \\ &= 3048 \times 1,00163 \times 1,1183575 \times 1,03 \\ &= 3.516,73923 \text{ m} \\ &= 3.550 \text{ m} \end{aligned}$$

2) Lebar Runway

Sesuai dengan tabel pada ICAO dalam menentukan lebar runway, berdasarkan *aircraft design group*. Maka didapat lebar runway untuk pesawat Boeing 777-300ER adalah 45 m

3) Kemiringan Memanjang Runway

Persyaratan kemiringan memanjang *runway* kode landasan E adalah sebagai berikut, untuk kemiringan memanjang efektif adalah 1%, untuk kemiringan memanjang maksimum adalah 1,25%, untuk perubahan kemiringan memanjang berurutan maksimum 1,5%, untuk perubahan jari-jari peralihan per 30 m adalah 0,1%

4) Kemiringan Melintang Runway

Kemiringan melintang *runway* diperlukan untuk mengalirkan air yang berada di permukaan *runway*. Dengan standar ICAO dan berdasarkan peraturan yang berlaku didapat kemiringan melintang sebesar 1,5%. Untuk kemiringan melintang minimum sebesar 1% dan kemiringan melintang maksimum sebesar 2%.

5) Runway Shoulder

Berdasarkan tabel ICAO memberikan ketentuan *runway shoulder* untuk pesawat grup E/V adalah 10,5 m dengan kemiringan maksimum *shoulder* 2,5 %.

6) Blast Pad/Stopway

Stopway adalah suatu area yang terletak di akhir landasan yang digunakan sebagai tempat berhenti apabila pesawat mengalami pembatalan *take off*. Berdasarkan kode huruf E didapatkan dimensi *stopway* dengan panjang 60 m dan lebar 45 m dengan kemiringan 0,3% tiap 30 m

7) Runway End Safety Area (RESA)

Dimensi RESA berdasarkan tabel untuk kode huruf E adalah sebesar 90 m untuk panjang minimum, sedangkan lebar RESA yakni 45 m atau tidak boleh kurang dari dua kali lebar

runway yang ada. Kemiringan memanjang dan melintang pada RESA tidak boleh lebih dari 5%.

Q. Perencanaan Taxiway dan Exit Taxiway

1) Dimensi Taxiway

Berdasarkan ketentuan SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan untuk *code letter* E dan golongan pesawat V, lebar *taxiway* yang dibutuhkan sebesar 25 m dan jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi *taxiway* adalah sebesar 4,5m.

2) Taxiway Shoulder

Dalam ketentuan lebar bahu *taxiway* untuk *code letter* E memiliki lebar minimum bahu sebesar 44 meter. Lebar tersebut sudah termasuk lebar *taxiway* dalam perhitungan sebelumnya sebesar 25 m, sehingga lebar bahu *taxiway* tiap sisinya didapat sebesar 10 m.

3) Taxiway Longitudinal Slope

Ketentuan *taxiway longitudinal slope* menurut SKEP 77-VI2005 Dirjen Perhubungan untuk *code letter* E dan golongan pesawat V didapatkan kemiringan memanjang *taxiway* sebesar 1,5%, perubahan maksimum kemiringan sebesar 1% per 30 m dan jari-jari peralihan minimum sebesar 3000 m.

4) Taxiway Transversal Slope

Perencanaan *taxiway transversal slope* ini diperlukan untuk mencegah genangan air pada permukaan *taxiway*. Dalam ketentuan SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan *code letter* E didapatkan kemiringan melintang *taxiway* minimum sebesar 1% dan untuk kemiringan maksimum sebesar 1,5%.

5) Taxiway Strips

Untuk *code letter* E berdasarkan SKEP 77-VI-2005 area yang direncanakan harus memiliki kemiringan keatas yang diratakan sebesar 2,5% dan maksimum kemiringan kebawah yang diratakan sebesar 5% serta jarak minimum bagian tengah strip dengan garis tengah *taxiway* sejauh 22 m.

6) Fillet Taxiway

Untuk *code letter* E berdasarkan SKEP 77-VI-2005 didapatkan nilai putaran *taxiway* (R) sebesar 45 m, panjang dari peralihan ke fillet (L) sebesar 75 m, lebar dari dan keluar *taxiway* 23 m. Dan dari tabel jari-jari fillet didapatkan nilai jari-jari tikungan sisi *taxiway* dan *runway* sebesar $R_1 = 60$ m, $R_2 = 60$ m, $r_0 = 71,5$ m, $r_1 = 35$ m, $r_2 = 55$ m.

7) Perencanaan Exit Taxiway

Exit *taxiway* diperlukan sebagai jalan penghubung antara *runway* ke *taxiway*, dalam perencanaannya jarak dan sudut exit *taxiway* bervariasi tergantung tipe pesawat yang membutuhkannya. Untuk perhitungan jaraknya diperoleh dari jarak ujung *runway* ke titik *touchdown* (D_{td}) dan dari titik *touchdown* ke exit *taxiway* (D_e). Dari hasil perhitungan didapatkan jarak exit *taxiway* sebagaimana dalam tabel 4

R. Perhitungan Apron

Pada perencanaan *apron* Bandara Internasional Minangkabau ini membutuhkan data-data seperti pergerakan pesawat pada *peak hour* di tahun 2029 yang didapat pada perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 17 pergerakan/jam Untuk presentase pergerakan masing-masing kategori pesawat

Tabel 5
Spesifikasi Pesawat

Kategori Pesawat	B	C	D
	ATR 72	A320	B777-300ER
Wingspan (m)	27.05	33.5	64.8
Wheelbase (m)	4.1	12.5	11
Overall Length (m)	27.22	37.5	73.9

didapat dari data yang diberikan oleh PT. Angkasa Pura II pada periode pergerakan 1 Januari 2019 sampai dengan 27 Februari 2019 dengan presentase sebagai berikut: Kategori B : 14,55%, Kategori C: 83,71%, dan Kategori D: 1,74%.

Sehingga didapat jumlah gate masing-masing kategori pesawat sebanyak 2 untuk kategori B, 9 untuk kategori C dan 1 untuk Kategori D. Karakteristik pesawat yang dibutuhkan dalam perencanaan *apron* adalah panjang badan pesawat, *wingspan*, dan *wheelbase*. Berikut ini adalah masing-masing karakteristik pesawat berdasarkan kategori yang dapat dilihat pada tabel 5.

Radius untuk berbagai kategori pesawat dapat dihitung dengan persamaan dibawah

- Kategori B

$$R = (\text{wingspan}/2) + (\text{wheelbase}/\text{tg}60) \\ = (27/2) + (4,1/\text{tg}60) \\ = 15,89\text{m}$$

- Kategori C

$$R = (\text{wingspan}/2) + (\text{wheelbase}/\text{tg}60) \\ = (33,5/2) + (12,5/\text{tg}60) \\ = 23,97\text{m}$$

- Kategori D

$$R = (\text{wingspan}/2) + (\text{wheelbase}/\text{tg}60) \\ = (64,8/2) + (11/\text{tg}60) \\ = 38,75\text{ m}$$

Untuk perhitungan panjang dan lebar *apron* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Panjang Apron} = G \times 2R + G \times C \quad (5)$$

$$\text{Lebar Apron} = L + C + W \quad (6)$$

Keterangan:

R = radius putar pesawat (m)

L = panjang pesawat (m)

W = lebar *taxilane*

C = Clearance

- Kategori B

$$\text{Panjang Apron} = \text{jumlah gate} \times 2R + (\text{jumlah gate} + 1) \times C \\ = 2 \times 2 \times 15,89 + (2 + 1) \times 7,5 \\ = 86,06\text{m}$$

$$\text{Lebar Apron} = L + C + W \\ = 27,22 + 7,5 + 88,39 \\ = 123,11\text{m}$$

- Kategori C

$$\text{Panjang Apron} = \text{jumlah gate} \times 2R + (\text{jumlah gate} + 1) \times C \\ = 9 \times 2 \times 23,97 + (9 + 1) \times 7,5 \\ = 506,46\text{m}$$

$$\text{Lebar Apron} = L + C + W \\ = 37,5 + 7,5 + 88,39$$

Tabel 6
Kebutuhan Tebal Perkerasan Lentur

CBR(%)	K	Tebal	
		inch	cm
4	69.2537	29.44	74.78
4.5	75.90677	29.13	73.99
5	82.39796	28.87	73.33
5.5	88.74688	28.63	72.72
6	94.96921	28.43	72.21
6.5	101.0777	28.24	71.73
7	107.0831	28.08	71.32
7.5	112.9942	27.93	70.94
8	118.8188	27.8	70.61

$$= 133,39\text{m}$$

- Kategori D

$$\text{Panjang Apron} = \text{jumlah gate} \times 2R + (\text{jumlah gate} + 1) \times C \\ = 1 \times 2 \times 38,75 + (1 + 1) \times 10 \\ = 97,5\text{m}$$

$$\text{Lebar Apron} = L + C + W \\ = 73,9 + 10 + 48,76 \\ = 132,66\text{m}$$

Untuk menghitung luas *apron* yang direncanakan panjang *apron* tiap kategori pesawat dijumlahkan dan dikalikan dengan lebar terbesar dari seluruh kategori pesawat. Berdasarkan hasil perhitungan kategori pesawat yang mempunyai lebar paling besar yaitu kategori C dengan lebar 133,39m. Sehingga perhitungan luasan *apron* rencana sebagai berikut:

$$\text{Luas Apron} = (86,06 + 506,45 + 97,5) \times 133,39 \\ = 690,1 \times 133,39 \\ = 92040,4339 \text{ m}^2$$

S. Perencanaan Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP)

Dari hasil analisa gambar layout KKOP didapatkan bahwa ada dataran yang melebihi batas tinggi horizontal bagian luar yaitu sekitar 6 km dari runway. Hal ini perlu diberikan tanda dan obstacle light pada dataran yang melebihi batas tersebut dengan jenis lampu III warna putih dengan jarak maksimal 45 m antar lampu dan jumlah kedipan 40-60 kali permenit.

T. Perencanaan Perkerasan Sisi Udara

1) Perkerasan Lentur

Perhitungan perkerasan lentur menggunakan metode FAA, untuk menghitung kebutuhan perkerasannya dibantu dengan aplikasi FAARFIELD. Dari hasil analisa didapatkan total tebal perkerasan sesuai tabel 6

2) Perkerasan Kaku

Perhitungan perkerasan kaku menggunakan metode FAA, untuk menghitung kebutuhan perkerasannya dibantu dengan aplikasi FAARFIELD. Dari hasil analisa didapatkan total tebal perkerasan kaku sesuai tabel 7

IV. KESIMPULAN

Dari data pergerakan lalu lintas udara yang beroperasi di Bandara Internasional Minangkabau pada tahun 2015 hingga 2018 lalu dilakukan forecasting mengenai jumlah pergerakan

pesawat pada tahun 2029 menggunakan *decomposition additive* model didapatkan jumlah pergerakan pesawat sebesar 57451. Dari hasil perhitungan peak hour rencana pada total pergerakan tahun 2029 didapatkan 17 pergerakan/jam dengan komposisi pesawat kategori B: 14,55%, kategori C: 83,71%, kategori D: 1,74%

Berdasarkan hasil analisa kesesuaian ACN pesawat Boeing 777-300ER dengan PCN Bandara Internasional Minangkabau didapatkan bahwa nilai ACN melebihi nilai PCN akan tetapi pesawat Boeing 777-300ER masih dapat beroperasi dikarenakan jumlah pergerakan tahunannya tidak melebihi 5% dari total pergerakan tahunan di Bandara Internasional Minangkabau.

Berdasarkan analisa geometrik landasan didapatkan panjang landasan 3550m dengan lebar 45 m dilengkapi bahu landasan 10,5 m pada setiap sisi. Untuk lebar taxiway sebesar 30 m dilengkapi bahu taxiway sebesar 10 m disetiap sisi dan dari perhitungan letak exit taxiway mengikuti keadaan eksisting dengan sudut 90°. Untuk luas apron yang diperlukan sebesar 92040,4339 m²

Berdasarkan hasil analisa KKOP maka didapatkan bahwa ada dataran yang tingginya melebihi batas kawasan dibawah horizontal luar. Hal ini perlu diberikan tanda dan *obstacle light* pada dataran yang melebihi batas tersebut dengan jenis lampu III warna putih dengan jarak maksimal 45 m antar lampu dan jumlah kedipan 40-60 kali permenit.

Berdasarkan perhitungan tebal perkerasan menggunakan program FAARFIELD didapatkan untuk tebal perkerasan lentur dari 67,31 cm- 97,33 cm dan tebal perkerasan kaku dari 70,61 cm – 74,48 m tergantung pada data tanah yang nantinya diperoleh di lapangan

khusus. `

- [8] Boeing, "737 MAX Airplane characteristics for airport planning," *Boeing Commercial Airplanes*, no. November, p. 126, (2011).
- [9] R. Horonjeff and F. X. McKelvey, *Planning & Design of Airports*. (1994).
- [10] D. HUBUD, *Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Jakarta, (2005).
- [11] FAA, "Advisory Circular," *Aviation*, vol. 1, no. and 2, pp. 2-4, (1988).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, "Penduduk Provinsi Sumatera Barat, 2016," vol. 2035, p. 2035, (2018).
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, "Jumlah Wisatawan Mancanegara," 2018. [Online]. Available: <https://sumbar.bps.go.id/dynamic/table/2018/04/05/164/jumlah-wisatawan-mancanegara-wisman-yang-datang-ke-sumatera-barat-januari-2015---juli-2018.html>.
- [3] Erinaldi, "Wisatawan Domestik Sumbar," 2017. [Online]. Available: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3209609/sumatera-barat-dikunjungi-78-juta-wisatawan-domestik-tahun-ini>.
- [4] Angkasa Pura II, "Profil Bandara Internasional Minangkabau," 2018. [Online]. Available: <http://minangkabau-airport.co.id/id/general/about-us>.
- [5] Bandara Internasional Minangkabau, "Informasi Teknis Bandara - Minangkabau International Airport," 2018. [Online]. Available: <http://minangkabau-airport.co.id/id/airport/airport-technical-information>.
- [6] Angkasa Pura II, "Data Jumlah Penumpang dan Pergerakan Pesawat." (2018).
- [7] W. Prasetyo, "Pesawat B777 Boleh Terbang di Bandara Minangkabau dengan Syarat Khusus - kumparan.com," 2017. [Online]. Available: <https://kumparan.com/@kumparannews/pesawat-b777-boleh-terbang-di-bandara-minangkabau-dengan-syarat>